

学校编码: 10384
学号: 19920091152467

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

压电开关阀式喷射点胶的仿真分析
与实验研究

Simulation and Experimental Study on Piezoelectric
on/off Valve Jet Dispensing

杜 江

指导教师姓名: 孙道恒 教授
王凌云 助理教授

专 业 名 称: 机械电子工程

论文提交日期: 年 月

论文答辩时间: 年 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费的资助,在()实验室完成。

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

喷射点胶技术起源于喷墨打印技术，它具有点胶速度快、分配胶点一致性好及不受空间限制等优点，是高速、高质量和低成本的流体点胶方式，并且被认为是未来点胶行业的发展方向。国外对喷射点胶技术研究已经走向成熟，并推出了实用性产品，而国内在近几年才开始这方面的研究，直到现在还在理论研究和实验阶段，所设计的喷射点胶设备常常因为喷射频率低、胶点一致性较差、应用的流体材料有限等缺陷，而不能形成成熟的产品。

首先，本实验室利用压电陶瓷的电致伸缩特性，再结合电磁开关阀控制腔体内气压变化的原理，设计和制作了一种压电开关阀式按需喷射点胶设备，它由压电叠堆致动器、位移放大机构、阀杆、喷嘴以及加热器等部件组成，该装置具有结构简单、响应速度快、阀杆运动重复性好等优点。根据压电开关阀式喷射点胶工作原理，在分析其喷射点胶过程的基础上，应用流体动力学方法，建立点胶喷射过程中流体工作腔和喷嘴内流体流动方程，从而构建其喷射点胶过程的数学模型，分析得到影响喷射胶点出射速度和体积的主要参数。然后结合 FLOW-3D 流体仿真软件该喷射点胶过程进行模拟，并初步研究了这些参数对喷射胶点出射速度和体积的具体影响趋势，为点胶头结构的优化提供依据。

然后，对压电叠堆致动器的特性进行分析，选择相应的驱动电源；利用 ANSYS 软件对现有点胶头的动态特性进行分析，验证了其在 200Hz 左右喷射频率下工作的可行性；应用激光位移传感器对点胶头的动态位移输出性能进行了测试，得到阀杆的最大行程位移为 320 μm ，并且在该位移下能达到的最大工作频率为 65Hz；从能形成均匀胶点方面考虑，分析现有喷嘴和阀杆结构的局限性，并提出了改善和优化措施；为了更够喷射高黏度流体材料，给现有点胶头配置了加热器，加热温度可达到 80 $^{\circ}\text{C}$ ，温度控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

最后，搭建了点胶喷射实验系统，包括驱动电源、供压设备、收集平台和温度控制器等，完成整个喷射点胶系统的组装和调试工作。通过大量实验对喷射点胶系统控制参数和性能进行了研究，得到了调整控制参数下的喷射点胶规律，并从喷射胶点的均匀性、胶点直径以及一致性误差几方面评价了该点胶头的性能，

还针对点胶实验中出现的一些故障给出了可能原因和解决方案。在实验过程中，应用直径为 $250\mu\text{m}$ 的喷嘴得到了最小胶点直径约为 1mm ，喷射点胶头稳定工作时的最高喷射频率为 65Hz ，喷射胶点的一致性误差在 $\pm 2\%$ 以内。验证了本实验室开发的喷射点胶系统的可行性，已经为进一步的研究工作打下良好的基础。

关 键 词：微电子封装；喷射点胶；压电叠堆

Abstract

Jet dispensing technology derive from ink-jet printing, fast speed、good repeatability and adaptable etc are its advantage, it's a way of high speed、high quality and low cost fluid dispense, and considered to be next generation dispensing technology. In aboard, research on jet dispensing technology is very mature, and has practical product already, but it develops in China recently, and so far theoretical analysis and experiment are under way, for some defects, such as low jet frequency、bad repeatability and limited in fluid etc, there are no practical jet dispensing device yet now.

First, using electrostrictive property of Piezoelectric ceramic, and combine the principle of solenoid valve controlling pressure in chamber, We designed and made a piezoelectric on/off valve jetting dispenser, it consists of piezostack、displacement amplifier、ball-needle、nozzle and heater etc, the device is simple structure、high speed responsibility and good movement repeatability. According to working principle of the dispenser, the fluid flow equations have been established based the fluid dynamics, got the mathematic model of jetting dispensing process, and obtained parameters which influence the droplets' velocity and volume. Then, simulated the jetting dispensing process using fluid dynamics simulation software FLOW-3D, and researched these parameters in detail, the results can provide reference for structural optimization of dispenser.

Then, the characteristic of piezostack actuator was researched, and selected a corresponding driving power; dynamic analysis of the dispenser was finished, and confirmed it can work at 200Hz frequency; laser displacement sensor was used to measured the dynamic displacement output of dispenser, and found its maximum displacement is 320 μ m, when work frequency was 65Hz; what's more, the defect of existing nozzle and ball-needle was analyzed based on obtaining good shape droplets, and optimized improvement measures have been analyzed; a heater assembled to jetting dispenser for high viscosity fluid materials can be jetted, its temperature could rise up to 80 $^{\circ}$ C, and the error is $\pm 1^{\circ}$ C.

Finally, the dispensing experimental system was set up, including driving power、 pressure equipment、 collect platform and temperature controller etc, completed its assembly and adjustment. Adhesive jetting dispensing experiments were conducted with changing control parameters, and summarized the changing regularity of droplets' velocity and volume, evaluated the performance of dispenser base on droplets' diameter and repeatability. In addition, the reasons and solutions for the troubles appeared in the experiment were given out. During the experiment, droplets of 1mm in diameter were produced by stainless steel nozzle of 0.25 mm in diameter, the variation of the droplets' diameter is within $\pm 2\%$, and the jetting dispenser can work at rates of up to 65 Hz. The feasibility of the jetting dispensing system was proved by adhesive jetting dispensing experiment and fundament has been built for the further research.

Keywords: Microelectronics Packaging; Adhesive Jetting Dispensing; Piezostack actuator

目 录	
摘 要.....	I
目 录.....	V
第一章 绪 论.....	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 液滴喷射技术原理及分类.....	2
1.3 微电子封装中喷射点胶技术的应用及研究进展.....	6
1.3.1 应用.....	7
1.3.2 研究进展.....	10
1.4 本文的研究目标与课题来源.....	17
1.5 本文的研究内容.....	18
第二章 压电开关阀式喷射点胶理论模型与仿真.....	19
2.1 喷射行为理论建模.....	19
2.1.1 压电开关阀式喷射点胶技术的提出.....	19
2.1.2 压电开关阀式喷射点胶过程的数学模型.....	22
2.2 主要参数对胶点喷射速度和体积影响的仿真分析.....	31
2.2.1 仿真建模与参数设置.....	32
2.2.2 仿真结果及分析.....	33
2.3 本章小结.....	38
第三章 压电开关阀式喷射点胶头的性能分析与优化.....	39
3.1 喷射点胶头总体结构.....	39
3.2 驱动单元特性研究.....	40
3.2.1 压电叠堆致动器.....	40
3.2.2 点胶头位移放大机构动态特性研究.....	44
3.3 喷嘴及阀杆结构设计和优化.....	48
3.4 加热器.....	50
3.5 本章小结.....	51

第四章 压电开关阀式喷射点胶的实验研究	53
4.1 喷射点胶实验平台概述	53
4.2 流体材料及收集基底的选择	54
4.3 喷射点胶阀的装配与调整	58
4.4 喷射点胶直径及均匀性规律的实验研究	60
4.4.1 几种流体材料的喷射实验	61
4.4.2 喷射高度的影响	63
4.4.3 供料压力的影响	63
4.4.4 方波电压的影响	64
4.4.5 方波频率的影响	65
4.4.6 方波占空比的影响	66
4.4.7 喷嘴直径的影响	67
4.5 喷射点胶图案与点胶量一致性分析	68
4.6 实验中的点胶缺陷及处理	69
4.6.1 微气泡的产生	69
4.6.2“卫星滴”的产生	70
4.6.3 流体堆积现象	71
4.6.4 拉丝现象	71
4.7 本章小结	72
第五章 结论与展望	74
5.1 结论	74
5.2 工作展望	75
参考文献	77

Contents

Abstract.....	I
contents	V
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background of the Research.....	1
1.2 Principle and Class of Droplet Jetting Technology	2
1.3 Applications and Research Progress of Jetting Technology for	
Micro-electronic Packaging.....	6
1.3.1 Applications on Micro-electronic Packaging	7
1.3.2 Research Progress of Jetting Dispensing Technology	10
1.4 Target and Research's Origin.....	17
1.5 Works.....	18
Chapter 2 Theoretical Analysis and Simulation of Piezoelectric on/off	
Valve Jetting Dispensing.....	19
2.1 Theoretical Model of Jetting Dispensing.....	19
2.1.1 Piezoelectric on/off Valve Jetting Technology.....	19
2.1.2 Theoretical Model of Jetting Process.....	22
2.2 Parametric Analysis of Jetting Velocity and Volume Base on FLOW-3D	
Simulation	31
2.2.1 Simulation Model and Parameter Setting	32
2.2.2 Simulation Results and Discussions	33
2.3 Summary	38
Chapter 3 Performance Analysis and Optimization of Piezoelectric	
on/off Valve Jetting Dispenser	39
3.1 Structure of Jetting dispenser.....	39
3.2 Research on Characteristic of Drive Part	40
3.2.1 The Piezostack Actuator	40

3.2.2 Dynamic Characteristic of Displacement Amplifier.....	44
3.3 Structural Optimization Design of Nozzle and Ball-needle	48
3.4 The Heater.....	50
3.5 Summary	51
 Chapter 4 Experimental Research of Piezoelectric on/off Valve	
Jetting Dispenser	53
4.1 Overview of Experimental Platform.....	53
4.2 The Option of Fluid Material and Substrate	54
4.3 Assembly and Adjustment of Dispenser	58
4.4 Experimental Research on Droplets's Diameter and Repeatability	60
4.4.1 Jetting Experiment of Several kinds of Fluid Material	61
4.4.2 Influence of Distance Between Nozzle and Substrate	63
4.4.3 Influence of Back Pressure	63
4.4.4 Influence of Driving Voltage	64
4.4.5 Influence of Square Wave Signal Frequency.....	65
4.4.6 Influence of Square Wave Signal Duty Cycle	66
4.4.7 Influence of Nozzle Diameter	67
4.5 Jetting Patterns and Droplets Repeatability	68
4.6 Defects in Experiment and Solution	69
4.6.1 Micro-bubble.....	69
4.6.2 Satellite Droplets.....	70
4.6.3 Fluid Accumulate around Nozzle	71
4.6.4 Appearance of Dog-bone	71
4.7 Summary	72
 Chapter 5 Conclusions and Future Works	74
5.1 Conclusions	74
5.2 Future Works	75
 References	77

第一章 绪 论

1.1 课题背景

微电子产业是当前全球经济发展的高速增长点,是国民经济中最具活力的行业,已逐渐成为衡量一个国家综合实力的重要标志之一。微电子产业的规模和技术水平的提高要求微电子封装具有更多的引线、更密的内连线、更小的尺寸、更大的热耗散能力、更好的电性能、更高的可靠性、更低的成本等,使得微电子封装技术成为影响微电子产业发展的重要因素之一^[1]。

随着微电子封装技术的发展,微电子产业中需要使用流体材料的工艺越来越多,促使流体点胶技术也迅速发展。流体点胶技术是微电子封装中的一项关键技术,它可以构造形成点、线、面(涂敷)及各种图形,大量的应用于芯片固定、封装倒扣和芯片涂敷^[2],这项技术是以一种受控的方式对流体进行精确分配的过程,作用是将理想大小的流体(如焊剂,导电胶、环氧树脂和粘合剂等)转移到工件(芯片、电子元件等)的合适位置,以实现元器件之间机械或电气的连接,其要求点胶系统操作性能好、点胶速度快、而且点出的流体一致性好和精度高。目前,国内外都在研究能够适应多种流体材料,能够实现快速点胶并具有更好柔性的点胶设备,使其能精确控制流体流量和胶点的位置,以获得均匀的胶点,同时实现对胶点的准确定位,以适应微电子封装行业发展需要^[3,4]。

过去的几十年里,流体点胶技术得到了较大发展,新的点胶技术也在不断涌现,喷射点胶技术是最新发展出的一种点胶技术,起源于液滴喷射技术,其基本原理与喷墨打印机的喷墨原理相类似,这种技术依靠特定原理获得高压驱动流体流动,并以一定速度喷射到基板,相对以往传统的点胶方式,其点胶速度快,喷射胶点均匀、一致性好。在面向微电子封装的喷射点胶工艺研究方面,国外已经逐渐实用化了,而国内在该领域才刚刚起步,还有很大的研究空间。喷射点胶技术在微电子封装领域中正逐渐成为一种点胶的标准,并且所应用的领域也在逐渐扩展,越来越多的领域中发挥着它的技术优势^[4,5]。

1.2 液滴喷射技术原理及分类

液滴喷射技术起源于喷墨打印技术（Ink-jet printing），其具有非接触性，数据驱动，能高速而精确产生皮升容量的液滴，可以在非平面上进行加工，成本较低，环境污染较少等优点。它已经从单纯的喷墨打印拓展到微电子封装和制造等其他工业生产领域，展示了液滴喷射技术愈来愈广泛的应用前景^[6]。

目前，液滴喷射技术主要有连续喷射模式^[7,8]和按需喷射模式^[9]两类。顾名思义，连续喷射模式下液滴连续不断地沉积在基底上，而按需喷射模式下在喷射过程中只有单个液滴，可以控制液滴大小以及基底上的沉积位置。由于按需喷射模式的可控性，引起了广大研究学者的兴趣，近几年发展迅速并有可能取代连续性喷射模式^[10]。

连续喷射的工作原理是通过在流体腔内施加恒定压力，迫使腔体内流体从喷嘴以较高速度形成射流，在流体腔内施加扰动或者在表面张力作用下，射流断裂而形成液滴。如图 1.1 所示。其产生的液滴喷射速度高，能使用多种水性溶液，易于实现彩色打印，其工作速度比按需喷射模式快。但连续液滴喷射模式液滴直径难以减小，成型分辨率低。此外，这种模式下的喷射设备结构比较复杂，需要附加供压装置，而且液滴产生后需要施加偏转电场更对液滴进行选择，并需要在终端设置液滴回收装置回收废弃的液滴。因此这种方式的液滴喷射可控性较差，成本高。

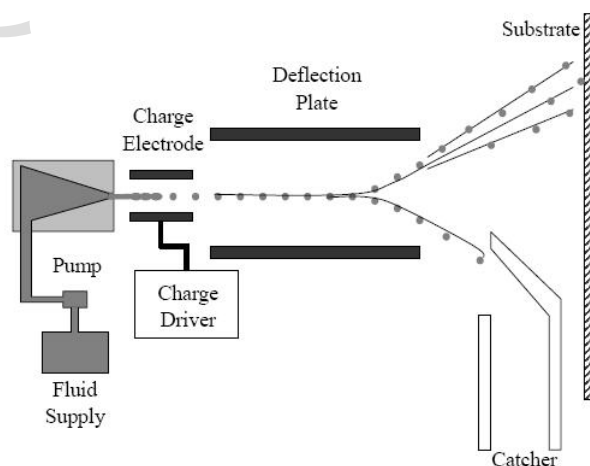


图 1.1：连续喷射模式

按需喷射模式则是通过体积力作用或者流体腔的体积变化引起腔体内流体

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库